

Kinerja Mesin Pengupas Kulit Buah Kopi Basah Tipe Tiga Silinder Horizontal

Performance of a Horizontal Triple Cylinder Type Pulping Machine

Sukrisno Widyotomo^{1*)}, H. Ahmad²⁾, S.T. Soekarno²⁾ dan Sri-Mulato¹⁾

Ringkasan

Salah satu tahapan penting dalam proses pengolahan kopi dengan metode basah adalah pengupasan kulit buah kopi segar (*pulping*). Mesin pengupas kulit buah kopi segar tipe silinder tunggal horizontal merupakan tipe mesin yang banyak beredar di pasaran. Salah satu kelemahan mesin tersebut antara lain masih banyak diperoleh biji pecah. Biji pecah merupakan salah satu cacat mutu dari biji kopi. Rancangbangun dan uji coba mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe silinder ganda horizontal telah dilakukan oleh Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Kinerja mesin untuk proses pengupasan kopi Robusta menunjukkan persentase biji pecah yang tinggi, yaitu 12,6–21,4%. Pengembangan mesin pengupas telah dilakukan oleh Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia dengan merancangbangun dan melakukan uji coba mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe tiga silinder horizontal. Uji coba kinerja mesin dilakukan terhadap buah kopi basah Robusta matang berkadar air 60–65% (basis basah); dikelompokkan dalam 3 tingkatan ukuran, yaitu campuran, kecil dan sedang serta telah terpisah dari benda-benda logam dan asing lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi operasional terbaik diperoleh untuk proses pengupasan buah kopi campuran. Pada kecepatan putar 1.400 rpm diperoleh kapasitas kerja 6.340 kg/jam dengan persentase biji utuh 55,5%; biji pecah 3,66%; biji di kulit 1%; konsumsi bahan bakar 1,2 L/jam dan konsumsi air 1,2 L/jam.

Summary

Pulping is one important step in wet coffee processing method. Pulping process usually uses a machine which constructed by wood or metal materials. A horizontal single cylinder type of fresh coffee cherries pulping machine is the most popular machine in coffee processing. One of the weaknesses of a horizontal single cylinder type of fresh coffee cherries pulping machine is higher in broken beans. Broken bean is one of mayor aspects in defect system that contribute to low quality. Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute has designed and tested a horizontal double cylinder type of fresh coffee cherries pulping machine which resulted in 12.6–21.4% of broken beans. To reduce percentage of broken beans, Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute has developed and tested a horizontal triple cylinder type of fresh coffee cherries pulping machine. Material tested was fresh mature Robusta coffee cherries, 60–65% (wet basis) moisture content; has classified on 3 levels i.e. unsorted, small and medium, and clean from metal and foreign materials. The result showed that the machine produced 6,340 kg/h in

Naskah diterima (*received*) : 1 Maret 2010, disetujui (*accepted*) : 12 Oktober 2010

1). Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No. 90, Jember, Indonesia.

2). Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan, Tegalboto, Jember, Indonesia.

*) Alamat penulis (*Corresponding Author*) : suidytomo@yahoo.com

optimal capacity for operational conditions, 1400 rpm rotor rotation speed for unsorted coffee cherries with composition 55.5% whole parchment coffee, 3.66% broken beans, and 1% beans in wet skin.

Key words : coffee, pulp, pulper, cylinder, quality.

PENDAHULUAN

Pengupasan kulit buah kopi basah (*pulping*) merupakan salah satu tahapan proses yang membedakan antara pengolahan kopi secara basah dengan kering. Pada pengolahan basah, buah kopi yang telah mencapai tingkat kematangan optimal harus segera dikupas dan dipisahkan dari bagian biji berkulit cangkang atau kopi HS, sedangkan pada pengolahan kering, buah kopi hasil panen segera dikeringkan sampai diperoleh kadar air antara 12–13%. Umumnya, proses pengupasan kulit buah kopi basah yang digerakkan dengan sumber tenaga manual maupun motor bakar dibantu dengan sejumlah air. Pemisahan kulit buah dari komponen biji berkulit cangkang berlangsung di dalam celah antara permukaan silinder yang berputar (*rotor*), dan permukaan plat yang diam (*stator*). *Rotor* memiliki permukaan yang bertonjolan (*buble plate*) dan dibuat dari bahan logam lunak jenis tembaga (Widyotomo *et al.*, 2009; Sri-Mulato *et al.*, 2006; Wintgens, 2004).

Pengupas kulit buah yang umum digunakan oleh petani kopi Arabika di Indonesia adalah pengupas kulit buah mekanis tipe silinder tunggal horizontal dengan tenaga penggerak manual (*hand pulper*) atau digerakkan oleh sebuah motor bakar berdaya 4–5 HP (Sri-Mulato *et al.*, 1999; Ismayadi, 1999). Keuntungan dari penggunaan mesin tipe tersebut antara lain daya penggerak relatif rendah, mesin memiliki ukuran yang relatif kecil dan konstruksi yang relatif sederhana sehingga akan memudahkan petani saat operasional dan perawatannya. Beberapa kelemahan dari mesin tipe tersebut antara lain

persentase buah tidak terkupas, kulit terikut biji dan biji pecah masih relatif tinggi (Widyotomo *et al.*, 2009). Mburu (1995) menyarankan dilakukan pemisahan buah kopi sebelum pengolahan. Namun, kegiatan tersebut akan berdampak pada bertambah panjangnya waktu proses dan peningkatan biaya proses baik dari aspek penyediaan alat dan mesin maupun tenaga kerjanya.

Palisu (2004) melaporkan bahwa pengupasan kulit buah kopi dengan menggunakan poros pengupas berbentuk persegi enam dan jarak celah 3 mm akan memberikan hasil pengupasan yang lebih baik jika dibandingkan dengan cara ditumbuk. Sri-Mulato *et al.* (2006) melaporkan bahwa jika digerakkan secara manual, mesin mampu beroperasi dengan kapasitas kerja 80–100 kg/jam, sedangkan jika digerakkan oleh sebuah motor bakar 4–5 HP akan mampu menghasilkan kapasitas kerja 200–300 kg/jam. Amelia *et al.* (1998) melaporkan bahwa pengupasan kulit buah kopi Arabika berukuran 7–9 mm dengan jarak celah kurang dari 3 mm akan diperoleh 60% buah kopi terkelupas, dan jumlah biji pecah tidak lebih dari 1%.

Perkebunan kopi skala besar menekan tingkat kehilangan hasil pada tahapan proses pengupasan kulit buah kopi dengan menerapkan mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder ganda. Mesin tersebut dapat

menekan jumlah buah tidak terkupas dan biji pecah dengan mengatur jarak celah rotor dan stator yang berbeda antara silinder pertama dengan silinder kedua. Beberapa kelemahan dari mesin tersebut antara lain memiliki kapasitas kerja yang besar (1000–4000 kg/jam), membutuhkan daya penggerak relatif besar (20–28 HP), mesin memiliki ukuran dan konstruksi yang relatif besar dan rumit sehingga sulit untuk dapat diterapkan pada pekebun kopi rakyat (Widyotomo *et al.*, 2009). Selain itu, mesin didisain hanya dapat digunakan untuk pengupasan kulit buah kopi Arabika (Sri-Mulato *et al.*, 2006).

Lebih dari 80% kopi Indonesia merupakan kopi Robusta yang dihasilkan dari perkebunan rakyat. Sebagai salah satu upaya meningkatkan mutu kopi rakyat melalui penerapan metode dan sarana pengolahan yang tepat agar diperoleh produk bermutu tinggi dan konsisten, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah berhasil merancang bangun dan menguji mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe silinder tunggal dan silinder ganda. BPMA (2006) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder tunggal dengan kapasitas kerja 1483 kg/jam diperoleh 77,8% berupa kopi HS utuh; 1,9% buah kopi tidak terkupas; 0,3% biji kopi pecah; 1,3% kopi HS terikut kulit; dan 20% serpihan kulit terikut kopi HS. Lebih lanjut Widyotomo *et al.* (2009) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horisontal dengan kapasitas kerja 420 kg Robusta/jam diperoleh 53,08% kopi HS utuh; 16,92% biji kopi pecah; dan 30% kopi HS terikut serpihan kulit.

Pengembangan rancang bangun mesin pengupas telah dilakukan oleh Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia

dengan menambah jumlah silinder pengupas menjadi tiga buah. Tujuannya adalah untuk meningkatkan persentase buah terkupas dan menekan serendah mungkin jumlah biji cacat akibat perlakuan mekanis. Disain mesin dengan jumlah silinder pengupas 3 unit yang diperuntukkan khusus untuk proses pengupasan buah kopi Robusta masih belum banyak dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja mesin tersebut, dan menentukan kondisi operasional optimal yang dapat dijadikan pedoman baku dalam penggunaan mesin tersebut pada skala aplikasi di lapangan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil dan Rekayasa Alat dan Mesin Pengolahan Kopi dan Kakao, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember, Jawa Timur.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah kopi Robusta matang yang diperoleh dari Kebun Percobaan Kaliwining, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia di Jember pada ketinggian tempat 45 m dpl., dengan tipe iklim D (Schmidt–Ferguson). Kadar air buah kopi antara 60–65% (basis basah); komposisi ukuran buah terdiri dari 50,8% buah tertahan pada ayakan berdiameter 15 mm, 32% pada ayakan berdiameter 10 mm, dan 16,6% lolos ayakan berdiameter 10 mm; densitas kamba 690–695 kg/m³, dan telah terpisah dari benda-benda asing lainnya.

Peralatan dan mesin yang digunakan adalah sebuah mesin pengupas kulit buah kopi tipe tiga silinder horisontal dengan tenaga penggerak sebuah motor bakar daya 5,5 HP, alat ukur kecepatan putar (tachometer) TECPEL 1501 dan sebuah mesin

sortasi biji kopi tipe meja getar berkapasitas kerja 1200 kg/jam dengan tenaga penggerak sebuah motor listrik 1 HP (Widyotomo & Sri-Mulato, 2005).

Deskripsi Mesin

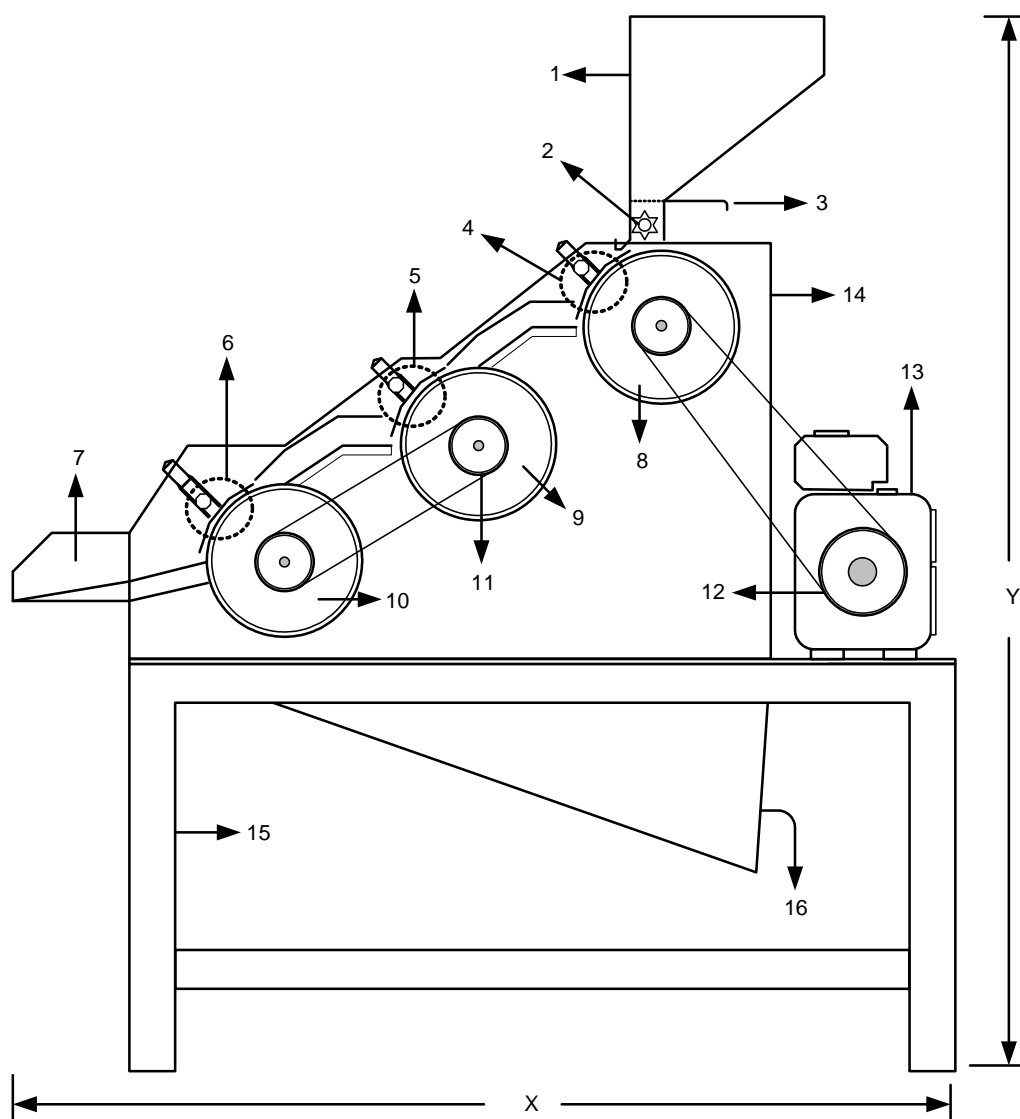
Buah kopi Robusta matang diumpankan ke dalam silinder pengupas melalui corong pengumpan (Gambar 1) dengan laju pengumpanan antara 1000–1100 kg buah kopi/jam. Jarak antara rotor dan stator pada level pertama, kedua dan ketiga terlebih dahulu diatur agar produk pengupasan memberikan hasil baik dengan me-minimalkan persentase biji pecah. Tahap pertama, pengupasan kulit buah terjadi di dalam ruang celah antara silinder pengupas (rotor) dan plat tetap (stator) (4). Pada tahap ini buah kopi dengan ukuran diameter lebih besar dari jarak antara rotor dan stator akan terkupas, sedangkan biji kopi HS basah dan buah kopi dengan ukuran diameter lebih kecil akan lolos. Pada tahap kedua, aliran air akan mempercepat laju aliran biji kopi HS basah dan buah kopi yang belum terkupas ke dalam celah antara rotor dan stator level berikutnya. Pascapengupasan, kulit buah akan terpisah dari biji basah dan keluar melalui corong keluaran kulit yang terletak di bagian bawah silinder pengupas (16), sedangkan biji kopi HS basah akan keluar melalui corong keluaran hasil yang terletak di bagian depan silinder pengupas level ketiga (7).

Mesin pengupas kulit buah kopi tipe tiga silinder horizontal memiliki ukuran dimensi panjang, lebar dan tinggi masing-masing 1440 mm, 1200 mm dan 1510 mm. Empat bagian penting dari mesin ini adalah unit pengupas (4), tenaga penggerak (13), sistem transmisi (11, 12), dan rangka (15). Unit pengupas merupakan komponen terpenting dari mesin pengupas kulit buah

kopi tipe tiga silinder horizontal yang terdiri dari silinder berputar dan plat diam. Mekanisme kerja pengupasan kulit buah kopi serupa dengan proses pengguntingan, namun karena permukaan buah yang bulat dan licin dengan bantuan aliran air, maka pengguntingan hanya terjadi pada komponen kulit buah yang memiliki sifat lunak. Silinder pertama dibuat dari bahan pipa baja dan pada bagian selimut dilapisi lembaran plat dengan permukaan bertonjolan (*buble plate*) yang dibuat dari bahan tembaga. Silinder pengupas memiliki ukuran dimensi panjang, dan diameter masing-masing 620 mm, dan 170 mm (8, 9, 10). Plat diam dibuat dari bahan pipa baja dan membentuk seperempat lingkaran. Pada permukaan dalam dilapisi lembaran karet dengan lebar 620 mm dan tebal 10 mm. Jarak renggang rotor dan stator mudah diatur dengan jarak maksimum 9 mm. Mesin pengupas kulit buah kopi tipe tiga silinder horizontal dilengkapi dengan dua buah corong keluaran produk pengupasan, yaitu corong 1 yang merupakan jalur keluaran produk pengupasan berupa kopi HS basah (7), dan corong 2 merupakan jalur keluaran berupa kulit buah (16).

Tenaga penggerak yang digunakan untuk memutar silinder pengupas adalah sebuah motor bakar berbahan bakar solar berdaya 16 HP dan putaran maksimum 2200 rpm (13). Sistem transmisi yang digunakan adalah puli dan sabuk karet V. Untuk memudahkan operator mengaktifkan tenaga penggerak, dan menekan slip putaran, maka digunakan sistem puli penegang. Rangka dibuat dari besi baja profil persegi yang berfungsi untuk menopang alat pengupas dan tenaga penggeraknya.

Pelaksanaan penelitian uji kinerja mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe



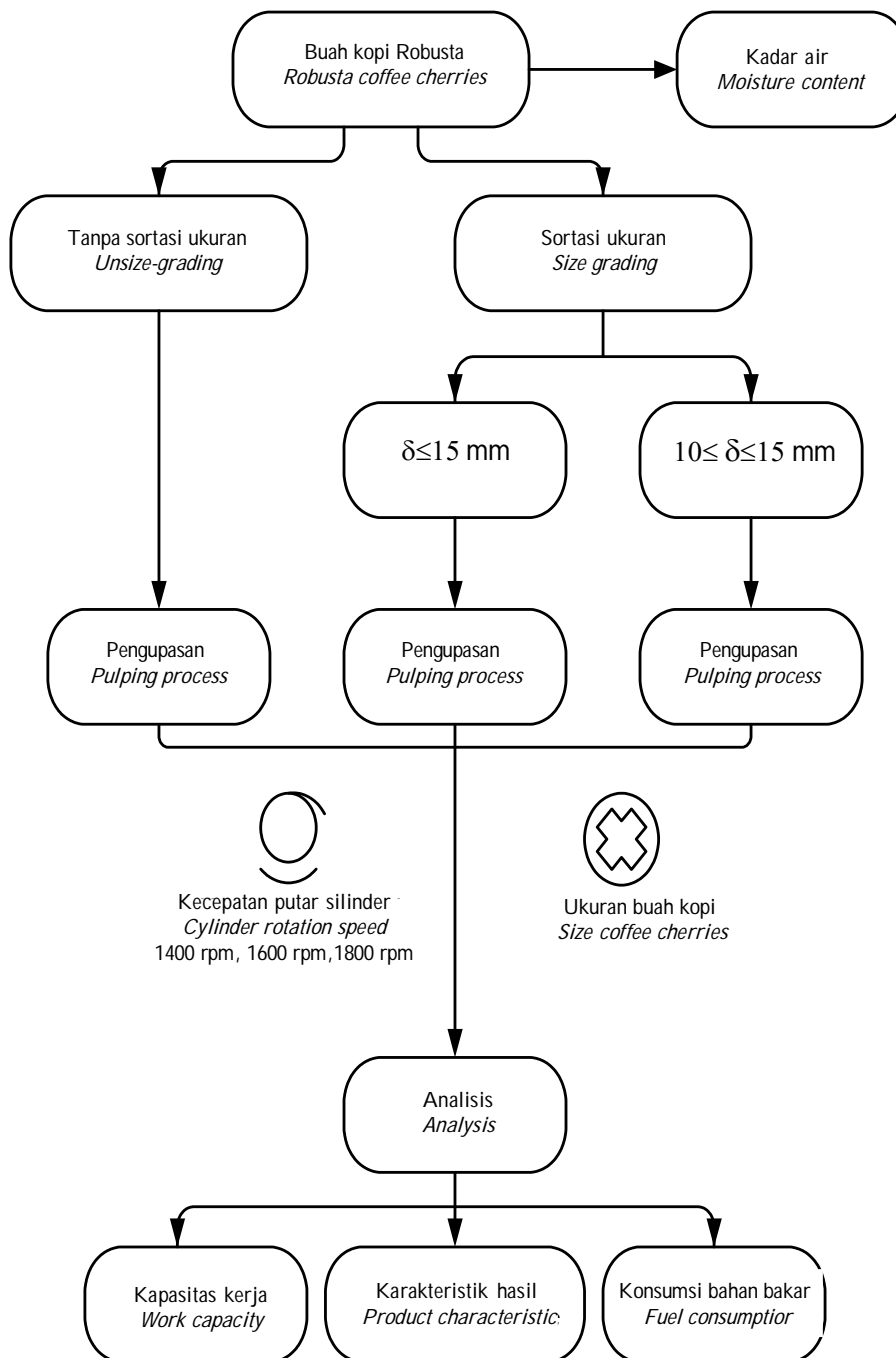
Keterangan (Notes) :

- | | |
|---|---|
| 1. Corong pengumpan (<i>hopper</i>) | 10. Silinder pengupas ketiga (<i>third pulping cylinder</i>) |
| 2. As pendorong (<i>prod axle</i>) | 11. Puli dan sabuk karet V unit pengupas (<i>pully and V belt for pulping unit</i>) |
| 3. Pintu dorong (<i>sliding plate</i>) | 12. Puli dan sabuk karet V tenaga penggerak (<i>pully and V belt for power supply unit</i>) |
| 4. Unit pengupas pertama (<i>first step pulping unit</i>) | 13. Tenaga penggerak (<i>power supply</i>) |
| 5. Unit pengupas kedua (<i>second step pulping unit</i>) | 14. Rumah mesin pengupas (<i>housing of pulping machine</i>) |
| 6. Unit pengupas ketiga (<i>third step pulping unit</i>) | 15. Rangka mesin pengupas (<i>beam of pulping machine</i>) |
| 7. Corong keluaran biji HS (<i>outlet unit of wet parchment coffee</i>) | 16. Corong keluaran kulit (<i>outlet unit of wet cherries skin</i>) |
| 8. Silinder pengupas pertama (<i>first pulping cylinder</i>) | |
| 9. Silinder pengupas kedua (<i>second pulping cylinder</i>) | |

Y : tinggi mesin (*hight of machine*), dan X : lebar mesin (*wide of machine*)

Gambar 1. Sketsa pengupas kulit buah kopi basah tipe tiga silinder horizontal (tampak samping).

Figure 1. Design of a horizontal triple cylinder type coffee pulper (side view).



Keterangan (note) : δ = diameter

Gambar 2. Urutan percobaan pengupasan kulit buah dan parameter yang diukur.

Figure 2. Pulping test procedure and the experimental parameter measured.

tiga silinder horizontal ditampilkan pada Gambar 2. Sebelum proses pengupasan buah kopi yang belum terpilah (campuran) dan telah terpilah (Widyotomo & Sri-Mulato, 2005), putaran silinder pengupas diatur sedemikian sesuai dengan taraf perlakuan yang telah ditentukan. Analisis teknis meliputi persentase setiap komposisi atau bagian buah kopi hasil pengupasan dan kinerja pengupasan.

Perlakuan

Pelaksanaan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial antara parameter kecepatan putar silinder horizontal, dan ukuran buah kopi. Perlakuan kecepatan putar silinder horizontal yang digunakan terdiri dari tiga tingkatan, yaitu 1400 rpm, 1600 rpm, dan 1800 rpm. Sedangkan perlakuan ukuran buah kopi Robusta terdiri dari tiga tingkatan, yaitu tanpa sortasi (50,8% buah tertahan pada ayakan berdiameter 15 mm, 32% buah tertahan pada ayakan berdiameter 10 mm dan 16,6% buah lolos ayakan berdiameter 10 mm), buah kopi yang tertahan pada ayakan berdiameter 15 mm, dan buah kopi yang tertahan pada ayakan berdiameter 10 mm. Ulangan untuk masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali.

Pengukuran

Parameter yang diukur meliputi waktu operasional, berat bahan yang diumpankan, berat bahan yang dihasilkan dari setiap perlakuan, distribusi fraksi bahan dari corong keluaran, konsumsi bahan bakar, dan putaran silinder pengupas. Putaran poros tenaga penggerak diukur dengan menggunakan alat ukur putaran (*tachometer*), sedangkan pengkelasan (*grading*) buah kopi berdasarkan ukuran diperoleh

dengan menggunakan mesin sortasi biji kopi tipe meja getar (Widyotomo *et al.*, 2005).

Analisis Teknis

Kinerja mesin pengupas kulit buah kopi tipe tiga silinder horizontal untuk pengupasan kulit buah kopi Robusta diukur dari beberapa aspek teknis. Kapasitas kerja (K_p) dihitung berdasarkan perbandingan berat buah kopi basah yang akan dikupas kulit buahnya (kg) terhadap waktu pengupasan (jam). Parameter penting untuk menentukan fraksi bahan hasil pengupasan adalah persentase biji kopi HS basah yang dihasilkan, persentase biji pecah, persentase serpihan kulit terikut biji, persentase biji terikut serpihan kulit, dan persentase buah kopi tidak terkupas. Persentase biji kopi HS basah (HS) dihitung berdasarkan perbandingan antara berat biji kopi HS basah yang keluar dari corong keluaran biji kopi HS (kg) terhadap berat buah kopi yang masuk pada corong pengumpan (kg). Persentase biji pecah (BP_1) dihitung berdasarkan perbandingan antara berat biji pecah dari corong keluaran kopi HS (kg) terhadap berat produk dari corong keluaran biji kopi HS (kg). Persentase serpihan kulit terikut biji (SK_1) dihitung berdasarkan perbandingan antara berat kulit dari corong keluaran kopi HS (kg) terhadap berat produk dari corong keluaran kopi HS (kg). Persentase biji terikut kulit (BK_1) dihitung berdasarkan perbandingan antara berat biji dari corong keluaran kulit (kg) terhadap berat produk dari corong keluaran kulit (kg).

Konsumsi bahan bakar diukur secara volumetrik dengan menghitung selisih volume bahan bakar sebelum dan setelah proses pengupasan per satuan waktu (L/jam atau L/kg). Konsumsi air diukur

secara volumetrik dengan menghitung volume air yang mengalir ke dalam unit pengupas selama proses pengupasan per satuan waktu (l/jam). Slip (S) yang terjadi dalam sistem transmisi selama proses pengupasan kulit buah kopi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$S, \% = \frac{D_{tp} \cdot N_{tp} - D_{sp} \cdot N_{sp}}{D_{tp} \cdot N_{tp}} \times 100 \%$$

Dalam hal ini S adalah slip, N_{tp} adalah putaran tenaga penggerak (rpm), N_{sp} adalah putaran silinder pengupas (%), D_{tp} adalah diameter puli penggerak (mm), dan D_{sp} adalah diameter puli yang digerakkan (mm). Sementara itu efisiensi penerusan daya (E_{pd}) dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$E_{pd} = \frac{P, kW}{\text{Daya tenaga penggerak, } kW} \times 100 \%$$

Dalam persamaan di bawah, P merupakan daya sesungguhnya yang diperlukan (*real power*) oleh mesin pengupas untuk melakukan kerja pengupasan kulit buah dalam satuan berat dan waktu tertentu. Besarnya nilai P dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P, kW = \frac{2 \times T \times n}{6000 \eta}$$

Dalam hal ini n merupakan putaran mesin (rpm), T merupakan nilai torsi (N.m), dan η merupakan efisiensi daya mesin (%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

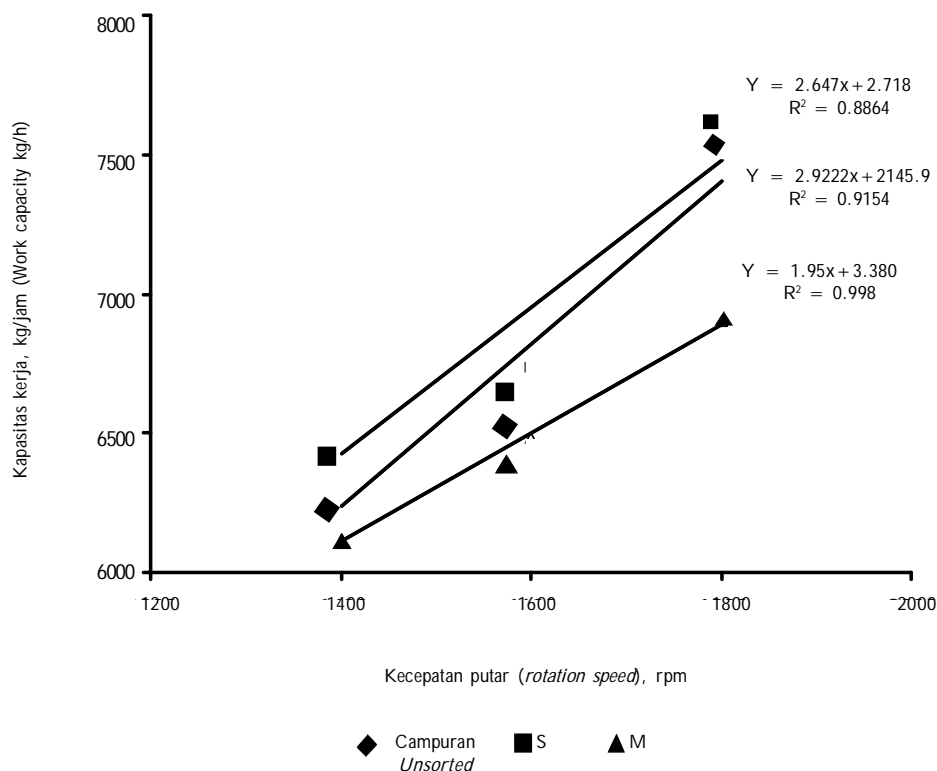
Komposisi Biji Berkulit Cangkang dan Kulit Buah

Pemilahan komponen buah kopi basah secara manual menghasilkan komponen biji

kopi HS basah berselimut lendir dan kulit buah basah seperti yang dilaporkan oleh Widyotomo *et al.* (2009). Buah kopi atau kopi gelondong basah hasil panen memiliki kadar air 60-65%, dan biji kopi masih terlindung oleh kulit buah, daging buah, lapisan lendir, kulit tanduk dan kulit ari (Sri-Mulato *et al.*, 2006, Sivetz & Desrosier, 1979). Braham & Bressani (1979) melaporkan bahwa buah kopi terdiri atas 55,4% biji kopi pasar, 28,7% kulit buah kering, 11,8% kulit cangkang, dan sisanya sebesar 4,15% berupa lendir. Vincent (1989) melaporkan bahwa distribusi ukuran buah kopi matang adalah 51% lebih besar dari 12 mm, 31% lebih besar dari 11 mm, 16% lebih besar dari 10 mm, dan 2% lebih besar dari 9 mm.

Kapasitas Kerja

Gambar 3 menampilkan nilai kapasitas kerja mesin pada kecepatan putar poros pengupas 1400-1800 rpm. Kinerja mesin pengupas sangat ditentukan oleh tingkat kematangan buah, keseragaman ukuran buah, jumlah air dan jarak renggang antara stator dengan rotor (Widyotomo & Sri-Mulato, 2004). Pengujian mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe silinder ganda dengan bahan dan kecepatan putar poros pengupas yang sama diperoleh kapasitas kerja terendah 372 kg/jam pada putaran poros pengupas 1400 rpm, dan tertinggi 724 kg/jam pada putaran poros pengupas 1800 rpm (Widyotomo *et al.*, 2009). Selain kecepatan putar, luas permukaan silinder pengupas dan jarak lintasan pengupasan merupakan faktor yang sangat menentukan kapasitas kerja mesin. Mesin pengupas tipe silinder ganda memiliki lintasan pengupasan dan luas permukaan silinder pengupas yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tipe tiga silinder. Namun demikian, kapasitas kerja



Gambar 3. Kapasitas kerja mesin dari beberapa perlakuan pengupasan.

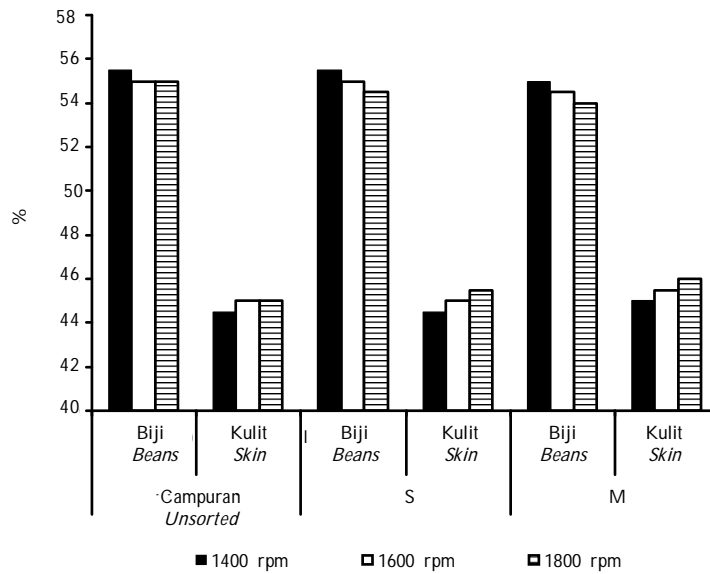
Figure 3. Work capacity of pulping machine from several pulping treatments.

mesin yang tinggi belum menjamin diperolehnya kondisi operasional mesin yang terbaik karena kapasitas kerja yang tinggi tidak berkorelasi positif terhadap efektivitas kerja mesin (Widyotomo *et al.*, 2005).

Fraksi Bahan di Setiap Corong Keluaran

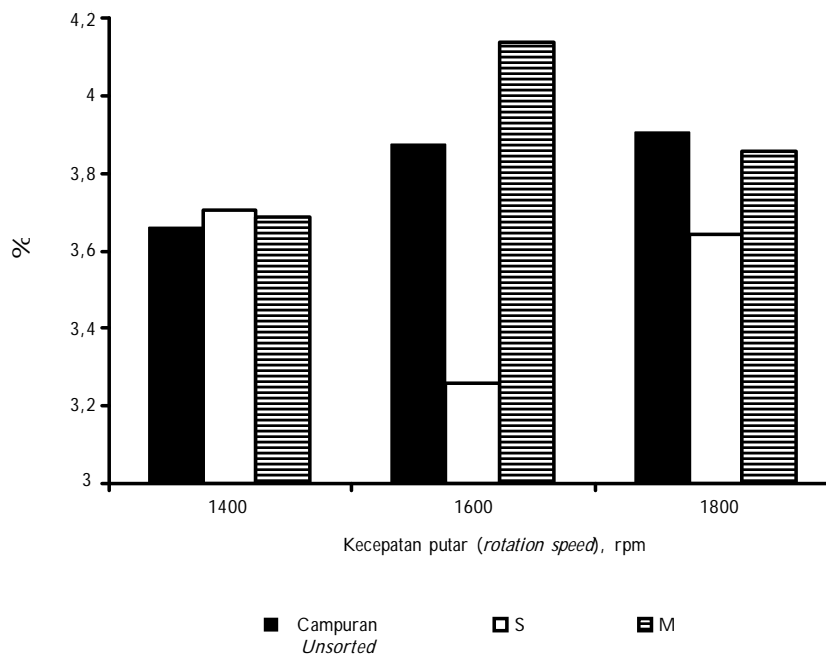
Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kopi HS utuh tertinggi sebesar 55,5% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran kecil (S) dan campuran (*unsorted*) dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm, sedangkan persentase kopi HS utuh terendah sebesar 54% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang (M) dengan kecepatan putar

silinder pengupas 1800 rpm (Gambar 4). Pengupasan kulit buah dengan menggunakan 3 buah silinder memberikan persentase kopi utuh 0,7% lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengupasan menggunakan 2 buah silinder (Widyotomo *et al.*, 2009), dan serpihan kulit sebesar 44,5–46% diperoleh dari corong keluaran kulit buah. Mekanisme pengupasan buah dan pemisahan kulit buah dari komponen biji dengan menggunakan mekanisme tiga silinder pengupas lebih baik jika dibandingkan dengan silinder ganda. Tiga tingkatan jarak antara rotor dan stator ternyata memberikan hasil yang baik pada proses pengupasan kulit buah dan pemisahannya dari biji kopi. Buah berukuran besar akan terkupas pada



Gambar 4. Persentase kopi HS utuh dan kulit buah dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 4. Percentage of wet parchment coffee and wet skin coffee from several pulping treatments.



Gambar 5. Persentase biji pecah dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 5. Percentage of broken beans from several pulping treatments.

silinder pertama, ukuran sedang di silinder kedua dan ukuran kecil di silinder ketiga.

Gambar 5 menunjukkan bahwa persentase biji kopi pecah tertinggi sebesar 4,1% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang (M) dengan kecepatan putar silinder pengupas 1600 rpm, sedangkan persentase biji pecah terendah sebesar 3,2% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran kecil (S) dengan kecepatan putar silinder pengupas yang sama. Pada perlakuan kecepatan putar poros silinder pengupas dan bahan baku yang sama, pengujian mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda diperoleh persentase. Biji kopi pecah 12,6-21,4% (Widyotomo *et al.*, 2009). Tinggi rendahnya persentase biji pecah selain disebabkan oleh sifat fisik buah seperti ukuran, dan kekerasan (Wahyudi *et al.*, 1999; Vincent, 1989), juga ditentukan oleh jarak renggang unit pengupas dan kecepatan putar silinder pengupas.

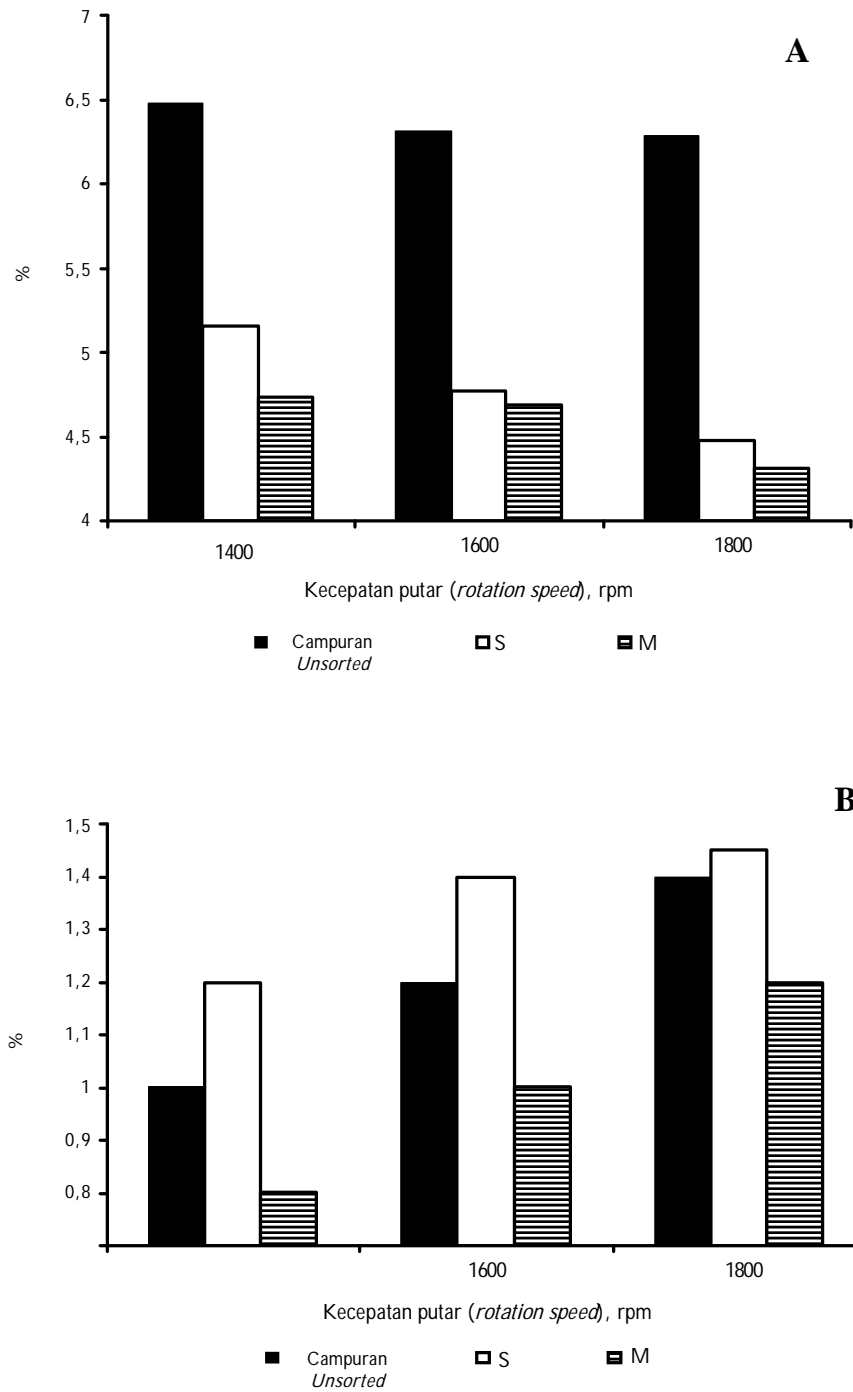
Gambar 6 A menunjukkan bahwa dari corong keluaran biji diperoleh persentase kulit terikut kopi HS tertinggi sebesar 6,4% diperoleh pada pengupasan buah kopi campuran (*unsorted*) dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm, sedangkan persentase kulit terikut kopi HS terendah sebesar 4,3% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang (M) dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm. Gambar 6B menunjukkan bahwa persentase biji terikut kulit tertinggi sebesar 1,45% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran kecil (S) dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm, sedangkan persentase biji terikut kulit terendah sebesar 0,8% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang (M) dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm. Widyotomo *et al.* (2009) melaporkan bahwa serpihan kulit buah kopi terikut biji 23,1—44,8% diperoleh dari

proses pengupasan dengan mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda. Buah kopi dengan ukuran lebih kecil akan memiliki persentase kulit buah yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan buah kopi berukuran lebih besar. Kecepatan putar rotor yang tinggi akan membantu proses pengupasan kulit buah dari biji HS dan mengarahkan kulit buah ke corong keluaran kulit. Serpihan kulit buah kopi akan lebih mudah terpisah dan terlempar karena gaya dorong yang dihasilkan oleh kecepatan putar rotor yang tinggi.

Persentase kopi HS utuh dan biji pecah serta serpihan kulit terikut biji yang dihasilkan dari proses pengupasan kulit buah basah merupakan tiga komponen utama yang akan menentukan pemilihan kondisi optimal operasional mesin (Widyotomo *et al.*, 2009). Henderson & Perry (1976) melaporkan bahwa kinerja suatu mesin pengecilan ukuran suatu bahan ditentukan oleh kapasitas, ukuran dan bentuk bahan sebelum dan sesudah proses serta kisaran ukuran dan bentuk akhirnya. Kapasitas kerja mesin yang tinggi belum menjamin diperolehnya kondisi operasional mesin yang terbaik karena kapasitas kerja yang tinggi tidak berkorelasi positif terhadap keefektifan kerja mesin (Widyotomo *et al.*, 2005). Optimasi proses pengupasan ditentukan berdasarkan kondisi operasional mesin yang menghasilkan persentase biji pecah, dan biji terikut kulit relatif rendah.

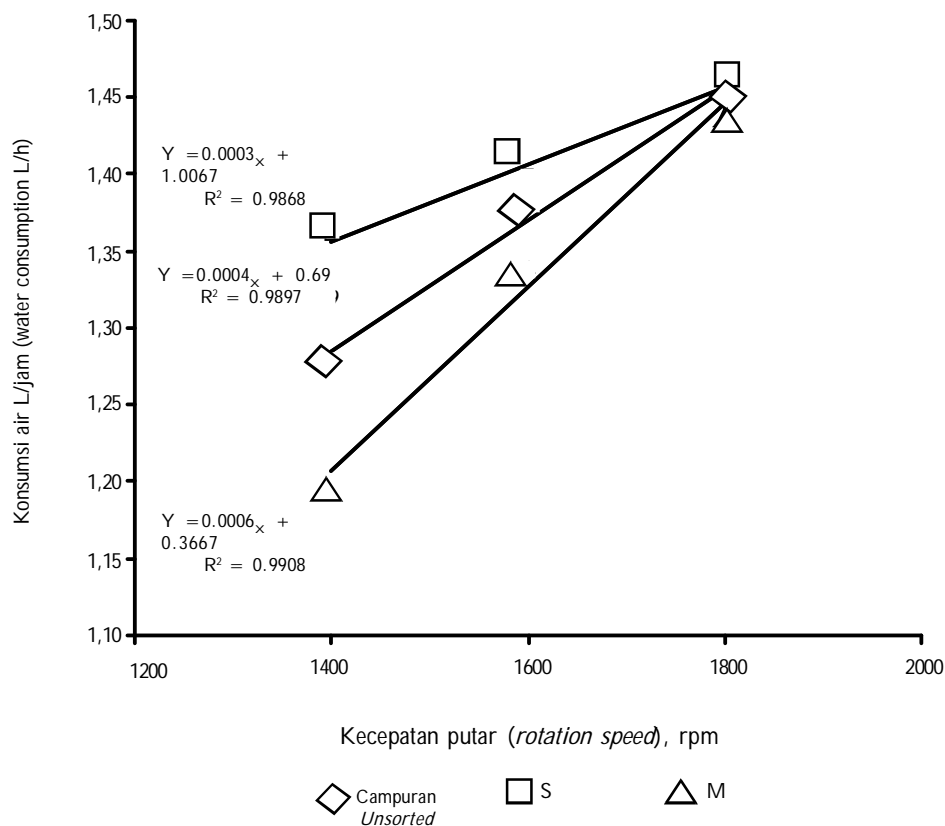
Konsumsi Air

Air merupakan media yang sangat diperlukan dalam proses pengupasan dan pemisahan kulit buah kopi secara basah. Pada beberapa perkebunan besar, pengolahan kopi secara basah membutuhkan air dalam jumlah besar untuk kegiatan pemilahan, pengupasan dan pencucian biji



Gambar 6. Persentase (A) kulit terikut biji dan (B) biji terikut kulit dari beberapa perlakuan pengupasan kulit buah kopi.

Figure 6. Percentage of (A) wet cherries skin into wet parchments coffee, and (B) wet beans into wet cherries skin from several pulping treatments.



Gambar 7. Konsumsi air untuk proses pengupasan.

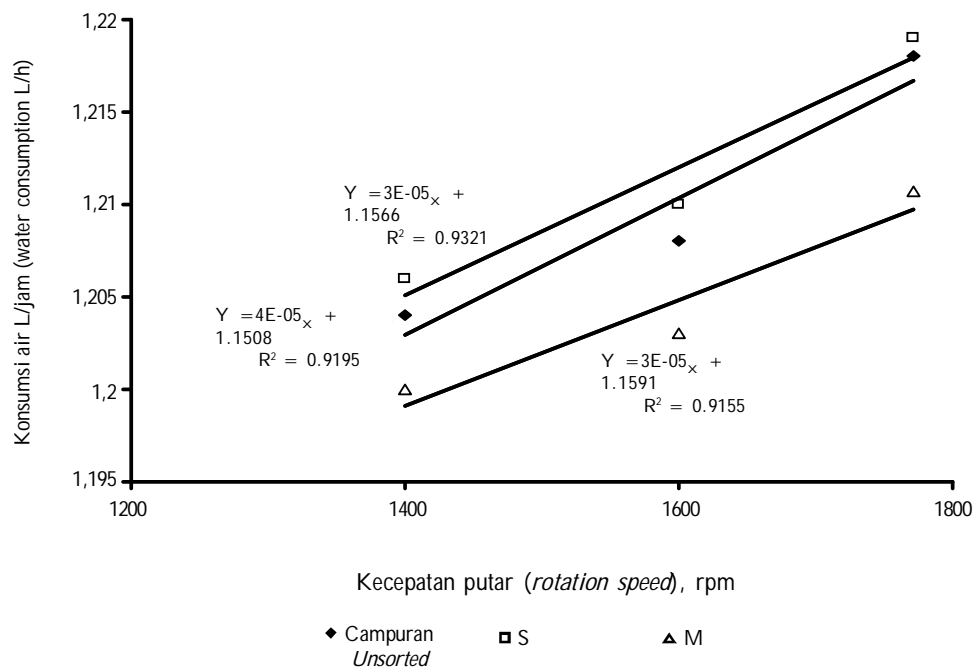
Figure 7. Machine water consumption from several pulping treatments.

kopi berkulit cangkang. Sri-Mulato *et al.* (2005) melaporkan bahwa proses pengolahan kopi secara basah membutuhkan 7—9 m³ air/ton biji kopi. Hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi tipe tiga silinder datar horisontal menunjukkan bahwa proses pengupasan kulit buah kopi pada kecepatan putar 1400—1800 rpm membutuhkan air sebanyak 1,2—1,46 L/jam (Gambar 7). Pada kecepatan putar 1400 rpm., konsumsi air untuk proses pengupasan buah berukuran campuran, sedang dan kecil masing-masing 1,28 L/jam; 1,36 L/jam dan 1,2 L/jam. Gradien laju konsumsi air untuk buah kopi berukuran sedang lebih tinggi jika

dibandingkan dengan buah kopi berukuran kecil.

Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar berkaitan dengan sejumlah daya yang telah dikeluarkan oleh alat dan mesin untuk melakukan suatu kerja dalam kurun waktu tertentu. Semakin besar daya yang dikeluarkan, maka sumber energi yang dibutuhkan akan semakin besar (Widyotomo & Sri-Mulato, 2004). Henderson & Perry (1976) melaporkan bahwa perubahan ukuran partikel berdampak pada jumlah energi yang



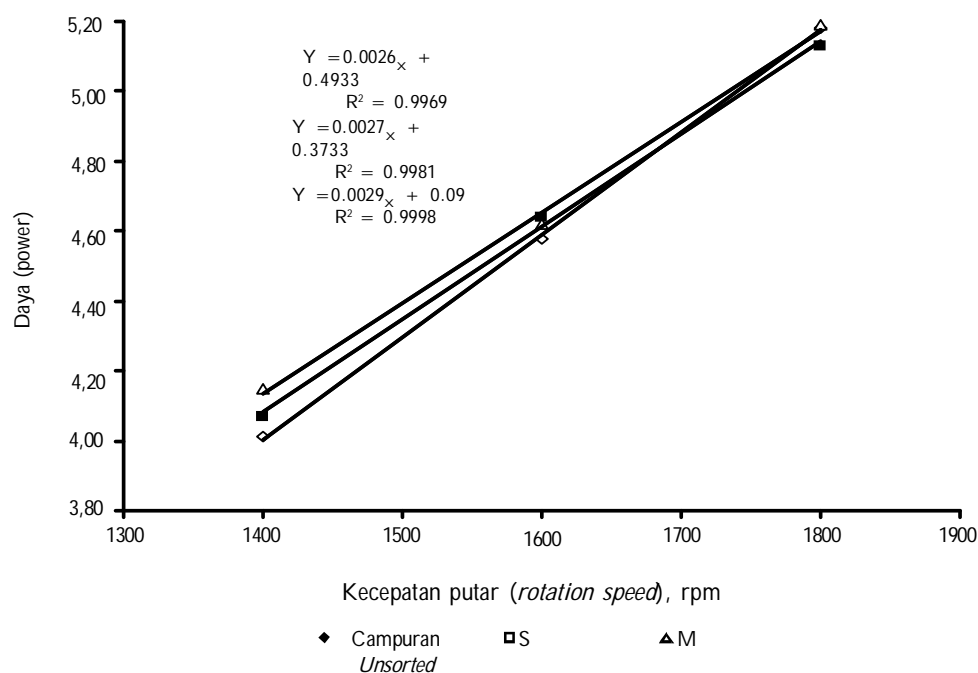
Gambar 8. Konsumsi bahan bakar dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 8. Machine fuel consumption from several pulping treatments.

diperlukan dalam proses pengecilan ukuran. Energi yang diperlukan untuk mengecilkan suatu bahan sebanding dengan dimensi partikel hasil pengecilan ukuran dan dimensi yang sama dari partikel semula pangkat jumlah tahapan pengecilan. Hasil pengukuran proses pengupasan kulit buah kopi basah menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar tertinggi 1,22 L/jam diperlukan untuk pengupasan kulit buah kopi basah ukuran kecil pada putaran silinder pengupas 1800 rpm, sedangkan konsumsi bahan bakar terendah 1,2 L/jam diperlukan untuk pengupasan kulit buah kopi basah ukuran sedang pada putaran silinder pengupas 1400 rpm (Gambar 8). Widyotomo *et al.* (2005; 2009) melaporkan bahwa konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat dengan semakin tingginya jumlah putaran poros tenaga penggerak per satuan waktu. BPMA (2006) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder tunggal

dengan kapasitas kerja 1.483 kg/jam diperoleh konsumsi bahan bakar 1,63 L/jam. Widyotomo *et al.* (2009) melaporkan bahwa pengupasan kulit buah kopi basah ukuran kecil dengan mesin pengupas tipe silinder ganda pada putaran silinder pengupas 1800 rpm membutuhkan bahan bakar sebesar 1,63 L/jam, sedangkan pengupasan kulit buah kopi basah ukuran sedang pada putaran silinder pengupas 1400 rpm membutuhkan bahan bakar sebesar 1,11 L/jam.

Daya penggerak ditentukan oleh besarnya nilai putaran mesin (n), torsi yang dihasilkan oleh mesin (m) dan efisiensi mesin (η). Gambar 9 menunjukkan bahwa dengan semakin besar nilai putaran silinder pengupas, maka daya yang diperlukan semakin besar. Dengan semakin besar kapasitas kerja mesin, maka putaran poros tenaga penggerak diperlukan untuk memutar poros silinder pengupas akan semakin tinggi. Konsumsi bahan



Gambar 9. Kebutuhan daya dari beberapa perlakuan pengupasan.

Figure 9. Power consumption from several pulping treatments.

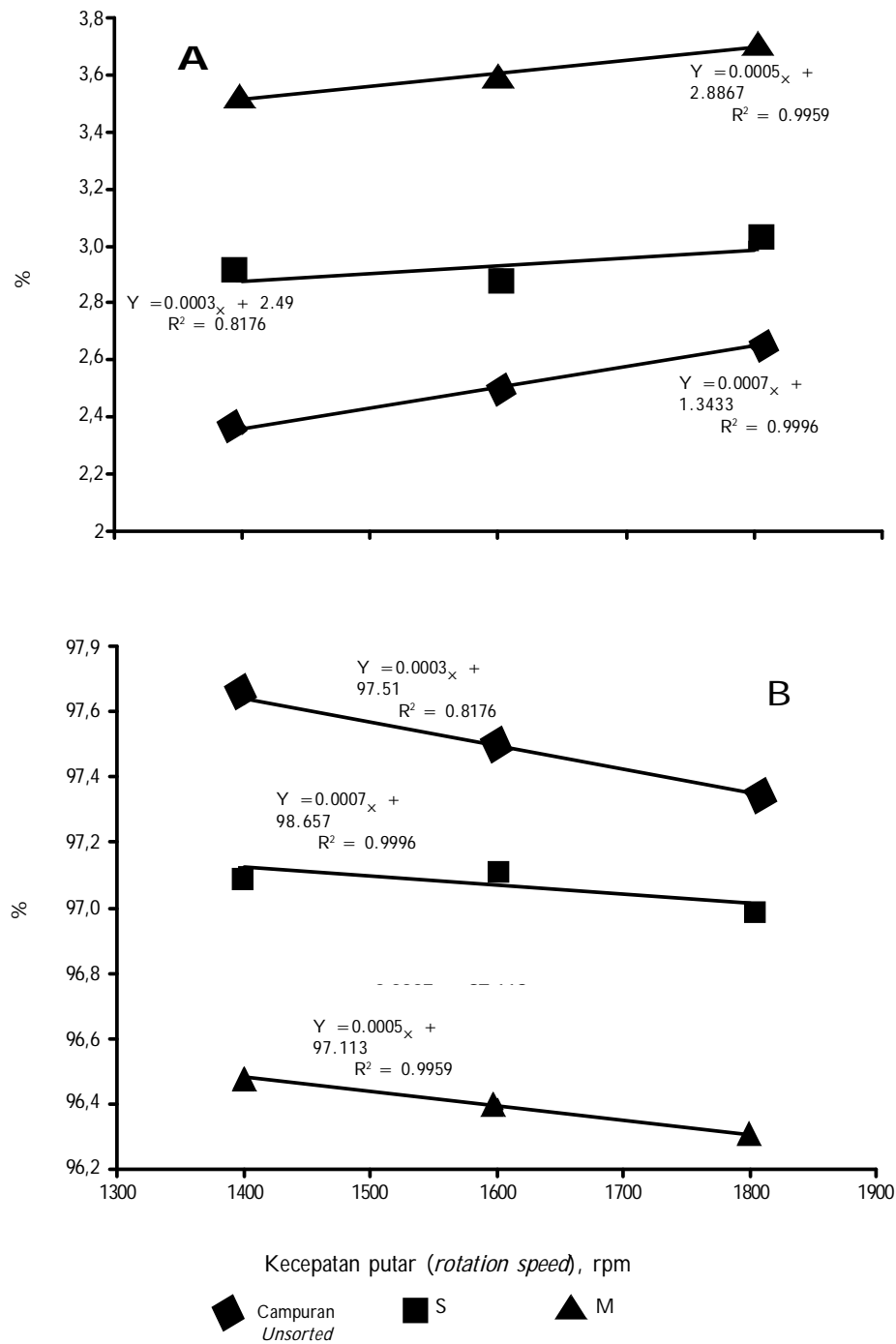
bakar akan semakin meningkat dengan semakin tingginya jumlah putaran poros tenaga penggerak per satuan waktu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan daya untuk proses pengupasan kulit buah kopi tertinggi 5,19 kW diperlukan untuk mengupas buah kopi Robusta berukuran sedang atau M dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm, sedangkan kebutuhan daya terendah 4,01 kW diperlukan untuk mengupas buah kopi Robusta ukuran campuran dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm. BPMA (2006) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder tunggal dengan kapasitas kerja 1.483 kg/jam diperoleh kebutuhan daya sebesar 1,4 kW. Lebih lanjut Widyotomo *et al.* (2009) melaporkan bahwa proses pengupasan kulit buah kopi berukuran kecil dengan mesin pengupas tipe silinder ganda pada kecepatan putar 1800 rpm

membutuhkan daya 3,96 kW, sedangkan untuk mengupas buah kopi Robusta campuran dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm diperlukan daya sebesar 2,96 kW.

Penerusan daya merupakan salah satu parameter unjuk kerja yang berpengaruh terhadap kinerja mesin. Daya yang dihasilkan sumber tenaga penggerak diteruskan ke unit pengupas melalui suatu sistem penerusan daya tertentu. Pemilihan sistem transmisi yang tepat dapat menekan kehilangan daya selama mesin beroperasi. Sistem penerusan daya yang digunakan pada mesin pengupas kulit buah kopi basah adalah *pulley* dan sabuk karet profil V. Keuntungan penggunaan sistem transmisi tersebut antara lain mudah dan murah dalam hal perawatan maupun penggantian komponen transmisi, dan yang lebih penting adalah jika terjadi kemacetan proses yang tiba-tiba, maka tidak akan langsung berdampak negatif, baik pada sumber

Kinerja mesin pengupas kulit buah kopi basah tipe tiga silinder horizontal



Gambar 10. Slip (A) dan penerusan daya (B) mesin pengupas kulit buah dari beberapa perlakuan.

Figure 10. (A) slip, and (B) power transmission of machine from several pulping treatments.

Tabel 1. Kinerja mesin pengupas kopi tipe tiga silinder

Table 1. Performance of a triple cylinder type coffee cherries pulping machine

Ukuran <i>Size</i>	Putaran <i>Speed</i>	Kapasitas <i>Capacity</i>	Kopi utuh <i>Whole bean</i>	Biji pecah <i>Broken bean</i>	Biji di kulit <i>Beans in wet skin</i>	Kulit di biji <i>Wet skin in beans</i>	Bahan bakar <i>Fuel</i>	Air <i>Water</i>
	rpm	kg/jam	%	%	%	%	L/J L/h	L/J L/h
Campuran <i>Unsorted</i>	1400	6340	55.5	3.66	1	6.48	1.204	1.28
	1600	6616.8	55.5	3.874	1.2	5.16	1.208	1.38
	1800	7509	55	3.905	1.4	4.73	1.218	1.45
Kecil <i>Small</i>	1400	6533.2	55	3.704	1.2	6.31	1.206	1.36
	1600	6734.4	55	3.259	1.4	4.77	1.210	1.4
	1800	7592	54.5	3.644	1.45	4.69	1.219	1.46
Sedang <i>Medium</i>	1400	6120	55	3.687	0.8	6.28	1.200	1.2
	1600	6480	54.5	4.136	1	4.48	1.203	1.34
	1800	6900	54	3,855	1,2	4.31	1.211	1.44

tenaga penggerak maupun unit pengupasnya. Namun demikian, kelemahan penggunaan sistem transmisi model *pulley* dan sabuk karet profil V adalah seluruh daya tenaga penggerak tidak dapat diteruskan ke poros unit pengupas karena adanya *slip* putaran. Slip dapat terjadi karena kurang kuatnya sabuk karet mengikat di *pulley* atau permukaan sabuk karet yang telah halus karena efek panas yang timbul selama proses berlangsung. Pemberian beban saat pengoperasian mesin ternyata akan berdampak pada menurunnya jumlah putaran poros penggerak yang disebabkan gesekan (friksi) antara bahan dengan permukaan silinder pengupas, dan gesekan antar bahan selama proses pengupasan berlangsung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa slip tertinggi sebesar 3,7% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran sedang atau M dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm, sedangkan slip terendah sebesar 2,36% diperoleh pada pengupasan buah kopi campuran dengan kecepatan putar silinder pengupas

1400 rpm (Gambar 10 A). Persentase penerusan daya tertinggi sebesar 97,6% diperoleh pada pengupasan buah kopi campuran (*unsorted*) dengan kecepatan putar silinder pengupas 1400 rpm, sedangkan penerusan daya terendah sebesar 96,3% diperoleh pada pengupasan buah kopi ukuran medium atau M dengan kecepatan putar silinder pengupas 1800 rpm. Sri-Mulato *et al.* (2006) melaporkan bahwa buah kopi Robusta relatif lebih sulit dikupas daripada buah kopi Arabika karena karakteristik kulit buahnya lebih keras dan kandungan lendirnya lebih sedikit. Pada skala pengolahan yang besar di beberapa perkebunan besar nasional maupun swasta sering digunakan mesin tipe Raung. BPMA (2006) melaporkan bahwa hasil pengujian mesin pengupas kulit buah kopi Arabika tipe silinder tunggal dengan kapasitas kerja 1.483 kg/jam diperoleh efisiensi penerusan daya sebesar 95,76%. Lebih lanjut Widyotomo *et al.* (2009) melaporkan bahwa pada kecepatan putaran 1400-1800 rpm, mesin pengupas kulit buah kopi tipe silinder ganda horisontal akan meng-

hasilkan slip dan persentase penerusan daya masing-masing sebesar 8-15% dan 73-91%.

Penentuan kondisi operasional mesin terbaik perlu ditentukan agar dapat dijadikan acuan operator menggunakan mesin secara tepat. Kapasitas mesin yang tinggi tidak menjamin bahwa mesin tersebut bekerja pada kondisi yang terbaik. Beberapa parameter yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan penentuan kondisi operasional terbaik adalah kapasitas kerja, persentase kopi HS utuh, persentase biji pecah, persentase biji di kulit, dan konsumsi bahan bakar. Kondisi operasional terbaik diperoleh untuk proses pengupasan buah kopi campuran kecepatan putar 1.400 rpm dengan kapasitas kerja 6.340 kg/jam diperoleh persentase biji utuh 55,5%; persentase biji pecah 3,66%; persentase biji di kulit 1%; konsumsi bahan bakar 1,2 L/jam dan konsumsi air 1,2 L/jam (Tabel 1).

KESIMPULAN

Hasil pengujian mesin menunjukkan bahwa kondisi operasional terbaik diperoleh untuk proses pengupasan buah kopi campuran. Pada kecepatan putar 1.400 rpm diperoleh kapasitas kerja 6.340 kg/jam dengan persentase biji utuh 55,5%; persentase biji pecah 3,66%; persentase biji dikulit 1%; konsumsi bahan bakar 1,2 L/jam dan konsumsi air 1,2 L/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, I.; H. Siahaan & I. Palisu (1998). *Studi Pengaruh Jarak Celah Terhadap Kualitas Biji Kopi Pada Mesin Pengupas Biji Kopi*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- BPMA (2006). *Keterangan Hasil Pengujian Mesin Pengupas Buah Kopi*. Balai Pengujian Mutu Alat dan Mesin Pertanian. Departemen Pertanian.
- Braham, J.E. & R. Bressani (1979). *Coffee Pulp : Compostion, Technology, and Utilization*. Ottawa, Ont., IDRC.
- Henderson, A.M. & R.L. Perry (1976). *Agricultural Process Engineering*. Second Edition. The AVI Publishing, Westport, Connecticut.
- Ismayadi, C. (1999). Pencegahan cacat cita rasa dan kontaminasi jamur mikotoksigenik pada biji kopi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 15, 130-142.
- Mburu, J.K. (1995). Notes on coffee processing procedures and their influence on quality. *Kenya Coffee*, 60, 2131-2136.
- Palisu, I. (2004). *Mesin Pengupas Biji Kopi*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Kristen Petra. Surabaya
- Sivetz, M. & N.W. Desrosier (1979). *Coffee Technology*. The AVI Publ. Co. Westport, Connecticut. USA.
- Sri-Mulato; O. Atmawinata; Yusianto; S. Widyotomo & Handaka (1999). Kajian penerapan pengolahan kopi arabika secara kelompok; studi kasus di Kabupaten Aceh Tengah. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 15, 143-160.
- Sri-Mulato; S. Widyotomo & E. Suharyanto (2006). *Teknologi Proses dan Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember, Jawa Timur.
- Wahyudi, T.; O. Atmawinata; C. Ismayadi & Sulistyowati (1999). Kajian pengolahan beberapa varietas kopi Jawa pengaruhnya terhadap mutu. *Pelita Perkebunan*, 15, 56-67.
- Widyotomo, S. & Sri-Mulato (2004). Kinerja mesin pengupas kulit kopi kering tipe

silinder horisontal. *Pelita Perkebunan*, 20, 75-96.

Widyotomo, S.; Sri-Mulato & E. Suharyanto (2005). Kinerja mesin pemecah biji dan pemisah kulit kakao pascasangrai tipe pisau putar. *Pelita Perkebunan*, 21, 184-199.

Widyotomo, S.; Sri-Mulato; H. Ahmad & S.T. Soekarno (2009). Kinerja pengupas kulit buah kopi segar tipe silinder ganda horisontal. *Pelita Perkebunan*, 25, 55-75.

Widyotomo, S. & Sri-Mulato (2005). Kinerja mesin sortasi biji kopi tipe meja getar. *Pelita Perkebunan*, 21, 55-72.

Vincent, G.C. (1989). *Green Coffee Processing*. **In** : R.J. Clarke & R. Macrae (Eds), *Coffee Vol. II : Technology*. Elsevier Appl. Sci., London and New York.

Wintgens, J.N. (2004). *Coffee : Growing, Processing, Sustainable Production*. A guidebook for growers, processors, traders, and researchers. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
